

論文審査の結果の要旨

氏名 竹本 典生

本論文は 5 章からなる。第 1 章は序論であり、強レーザー場に対する分子の応答、とくに、レーザー場による分子の配向・配列効果に関する研究について概説している。さらに、これら先行研究を踏まえて、論文提出者の研究動機が述べられている。

第 2 章は、2 色レーザー場を用いた分子の 3 次元配向制御理論について述べている。論文提出者は、レーザー場や静電場を用いた分子配向・配列に関する研究の対象が、これまで、直線分子や C_{2v} 点群対称性をもつ分子などの対称性の高い分子に限られていたこと、また、多くの場合、分子の配向を実験室座標系に対して一意に指定することができなかつたことを指摘し、任意の分子の配向を空間固定座標系に対して一意に固定できるような分子配向法を提案することを本章における研究課題として定めている。そして、そのような 3 次元分子配向制御を実現する方法として、 ω と 2ω の角周波数をもつ 2 つの直線偏光レーザー光を偏光方向が斜交するように重ね合わせて得られる光電場を用いることを提案している。この 2 色レーザー電場と分子が、分子の分極率および超分極率をとおして相互作用するとして、分子の回転運動自由度に関する量子状態を定式化し、実際に数値的検討を行っている。L-アラニンに関する数値計算の結果として、回転温度を 10^{-1} K 程度に冷却した希薄気体分子集団に 10^{12} - 10^{13} W/cm² の 2 色レーザー場を照射することによって、3 次元的な分子配向が得られることが示されている。

第 3 章においては、分子配向と関連した分子のイオン化について考察されている。キラル分子のふたつの光学異性体は、第 2 章で提案された配向法によって、2 色レーザー場の偏光面に関して互いに鏡像関係にある配向に固定される。このように配向されたキラル分子のラセミ体に、さらに別の直線偏光レーザーを照射することによって、一方の異性体を選択的に光イオン化させることが可能かどうかを検討されている。結論として、第 2 章の方法で配向された L-アラニンと D-アラニンに、偏光方向を適切に選んだ波長 800 nm、強度 10^{14} W/cm² の直線偏光レーザーを照射すると、一方の異性体を他方に対して約 2 倍の効率で選択的にイオン化できることが示されている。

第 4 章は、分子の配向・配列過程における分子振動の影響について述べている。屈曲対称 3 原子分子の変角振動と 2 次元回転運動を取り出した 2 自由度の模型を用いて、強レーザー場中の分子の振動・回転相互作用を調べることを提案している。

第 5 章は、本論文に第 2 章から第 4 章に述べられた研究のまとめと、今後の展

望について書かれている。

本論文は、強レーザー場による分子配向制御法を一般化し、任意の対称性の分子を実験室座標系において一意に配向させる方法を提案している点に学術的価値が認められる。加えて、分子の配向過程が、電子運動や振動運動などの分子の内部自由度とどのように結合しているのかを考察している点は、分子を剛体として近似し、回転運動自由度のみに着目してきたこれまでの分子配向・配列に関する研究に対して、新たな視点を与えるものとして評価できる。

なお、本論文第 2 章は、山内 薫との共同研究であるが、論文提出者が主体となって理論的考察および数値的検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。